



①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**
⑩ **DE 100 49 685 A 1**

⑤ Int. Cl. 7:
G 01 N 27/416
F 01 N 11/00

⑳ Aktenzeichen: 100 49 685.7
㉔ Anmeldetag: 7. 10. 2000
㉕ Offenlegungstag: 11. 4. 2002

DE 100 49 685 A 1

㉑ Anmelder:
Volkswagen AG, 38440 Wolfsburg, DE

㉒ Erfinder:
Schulze, Frank, 38533 Vordorf, DE; Drückhammer,
Jens, Dr., 38108 Braunschweig, DE; Lang, Axel,
38302 Wolfenbüttel, DE; Kröger, Michael, 38465
Brome, DE

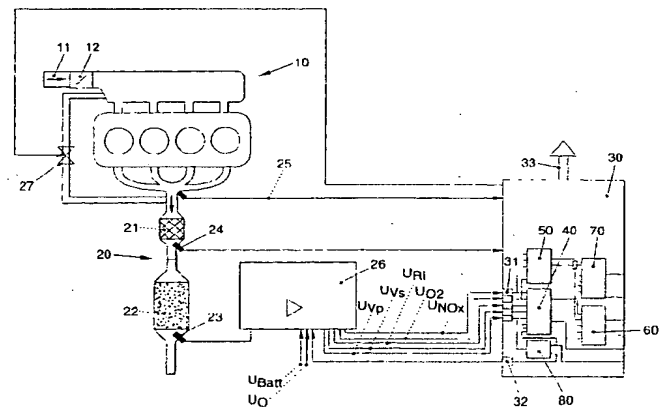
㉓ Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
zu ziehende Druckschriften:

DE	196 12 387 A1
GB	22 85 314 A
GB	21 94 846 A
US	55 58 752 A
EP	08 87 640 A1
EP	08 49 591 A1
EP	06 78 740 A1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

㉔ Verfahren und Vorrichtung zur Eigendiagnose eines NOX-Sensors

㉕ Bei dem Verfahren zur Eigendiagnose eines vorzugsweise in einer Abgasanlage eines Motors angeordneten NOX-Sensors, welcher zur Messung der NOX-Konzentration eines Abgases eine Regeleinrichtung zur Regelung eines Sauerstoffpartialdrucks und eine ein die NOX-Konzentration im Abgas charakterisierendes NOX-Signal zur Verfügung stellende NOX-Messeinrichtung aufweist, wird ein den Lambda-Wert des Abgases charakterisierendes Lambdasignal, vorzugsweise ein Breitband-Lambda- oder ein Lambda-Sprungsignal, ermittelt. Es werden ermittelte Werte des Lambdasignals mit bei vorgegebenen Betriebsparametern plausiblen Lambda-Werten des Abgases verglichen und in Abhängigkeit von dem Vergleichsergebnis ein NOX-Sensor-Diagnosesignal gebildet. Es können auch alternativ die Werte des NOX-Signals mit bei vorgegebenen Betriebsparametern plausiblen Werten der NOX-Konzentration verglichen und in Abhängigkeit von dem Vergleichsergebnis ein NOX-Sensor-Diagnosesignal gebildet werden. Die erfindungsgemäße Vorrichtung zur Eigendiagnose dient zur Durchführung des angegebenen Verfahrens.



DE 100 49 685 A 1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Eigendiagnose eines NOX-Sensors mit den in den Oberbegriffen der unabhängigen Ansprüche genannten Merkmalen.

Stand der Technik

[0002] Zur Verringerung des Schadstoffausstoßes von Kraftfahrzeugen ist in den letzten Jahren die sogenannte On-Board-Diagnose (OBD) vorgeschlagen und in einer zunehmenden Anzahl von Ländern auch durch gesetzliche Vorschriften für neu zugelassene Kraftfahrzeuge eingeführt worden. Die OBD II, die seit 1995 in den USA schrittweise durchgesetzt wurde, verlangt eine Überwachung sämtlicher emissionsrelevanten Bauteile, insbesondere von Katalysator, Lambda-Sonde, Abgasrückführung, Tankentlüftung, Verbrennungsaussetzer, Testerschnittstelle, Manipulationsschutz und Sekundärluftsystem. Bei Fehlfunktionen oder Ausfällen der vom OBD II überwachten Bauteile wird eine Diagnoselampe angesteuert und ein Fehlercode gespeichert, so dass vom Führer des Kraftfahrzeuges bzw. einer Werkstatt Maßnahmen zur Behebung des Ausfalls bzw. der Fehlfunktionen eingeleitet werden können.

[0003] Zur Erfüllung der gesetzlichen Abgasvorschriften ist bei modernen Verbrennungsmotoren, die im Mager- und Schichtladebetrieb einen geringeren Kraftstoffverbrauch aufweisen, eine zusätzliche Nachbehandlung von NOX-Emissionen unumgänglich. Bevorzugt wird zur Lösung dieses Problems ein NOX-Speicherkatalysator in der Abgasanlage eingesetzt. Um eine hohe Emissionsstabilität des Motors zu erreichen, wird dem NOX-Speicherkatalysator ein NOX-Sensor nachgeschaltet, mit dem insbesondere eine präzise Regelung des Mager- und NOX-Regenerationsbetriebs möglich ist.

[0004] Im Sinne der oben dargestellten On-Board-Diagnose-Anforderungen wird auch eine Überwachung der Funktion des NOX-Sensors gefordert. Aus der EP 0892265 A1 ist in diesem Zusammenhang bereits ein Gas-Sensor für die Messung von Gas-Oxyden bekannt, bei dem Abgas zur Messung in ein Doppel-Diffusionskammersystem geführt wird. Die Diffusionskammern weisen für die Messung Nernst-Zellen auf. Während in der ersten Diffusionskammer Sauerstoffmoleküle dem Gasgemisch entzogen werden, wird in der zweiten Diffusionskammer das zu messende Gas-Oxyd, beispielsweise Stickoxyd, in Stickstoff und Sauerstoff zerlegt. Eine an die erste Kammer angelegte Pumpzellenspannung wird auf einen konstanten Wert geregelt, der einer konstanten Sauerstoffkonzentration in dieser Kammer entspricht. Zur Eigendiagnose dieses Sensors wird überprüft, ob die auf einen konstanten Wert zu regelnde Sauerstoffkonzentration in der ersten Diffusionskammer nach Beendigung eines Aufwärmprozesses innerhalb eines vorgegebenen Bereiches liegt. Ist dies nicht der Fall, wird auf einen Fehler geschlossen. Als mögliche Fehler in der Funktionsweise des NOX-Sensors werden in der EP 0892265 A1 Fehlfunktionen einer Haupt- oder Hilfspumpzelle, Leitungsunterbrechungen zu einem NOX-Sensorcontroller oder einer Heizungseinrichtung sowie Fehlfunktionen von Sensorelektroden angeführt. Aus der EP 0887640 A1 ist ferner eine weitere Eigendiagnosefunktion für einen derartigen Gas-Sensor beschrieben, bei der ein für die Sensor-Temperatur charakteristischer Innenwiderstand des Gas-Sensors überwacht wird. Falls der betreffende Innenwiderstand nicht innerhalb einer vorgegebenen Zeit einen vorgegebenen Wert erreicht, wird gemäß dem bekannten Verfahren auf einen Fehler des Gas-Sensors geschlossen.

[0005] Nachteilig bei den bekannten Verfahren ist, dass eine differenzierte Diagnose des Sensors mit der verschiedenen mögliche Fehlerursachen unterschieden werden können, nur beschränkt möglich ist, da jeweils nur eine der ersten Diffusionskammer zugeordnete Pumpzellenspannung bzw. eine dem Innenwiderstand äquivalente Spannung auf die Einhaltung von Spannungsbereichen überwacht werden. Dies erschwert Wartung, Reparatur und präventive Maßnahmen zur Vermeidung von Fehlern.

Zusammenfassung der Erfindung

[0006] Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht in der Angabe eines Verfahrens und einer Vorrichtung zur Eigendiagnose eines vorzugsweise in der Abgasanlage eines Verbrennungsmotors angeordneten NOX-Sensors, mit dem eine differenzierte und sichere Fehlerdiagnose erreicht werden kann.

[0007] Diese Aufgabe wird jeweils mit den Merkmalen der unabhängigen Ansprüche gelöst.

[0008] Gemäss der Erfindung werden bei einem vorzugsweise in der Abgasanlage eines Verbrennungsmotors angeordneten NOX-Sensor Werte eines den Lambda-Wert des Abgases charakterisierenden Lambdasignals ermittelt. Der NOX-Sensor weist zur Messung der NOX-Konzentration eines Abgases eine Regeleinrichtung zur Regelung eines Sauerstoffpartialdrucks und eine ein die NOX-Konzentration im Abgas charakterisierendes NOX-Signal zur Verfügung stellende NOX-Messeinrichtung auf. Ermittelte Werte des Lambdasignals werden mit bei vorgegebenen Betriebsparametern plausiblen Lambda-Werten des Abgases verglichen und in Abhängigkeit von dem Vergleichsergebnis ein NOX-Sensor-Diagnosesignal gebildet. Damit wird eine differenzierte und sichere Fehlerdiagnose des NOX-Sensors möglich, da die von dem NOX-Sensor gelieferten Informationen über den Lambda-Wert des Abgases die momentane Arbeitsweise des NOX-Sensors widerspiegeln während die zum Vergleich herangezogenen plausiblen Werte des Lambda-Wertes auf von der Arbeitsweise des NOX-Sensors unabhängigen Messungen anderer Sensoren oder Modellierungen des Lambda-Werts basieren.

[0009] Gemäss einer weiteren Ausführungsform der Erfindung werden die Werte des NOX-Signals mit bei vorgegebenen Betriebsparametern plausiblen Werten der NOX-Konzentration verglichen und in Abhängigkeit von dem Vergleichsergebnis ein NOX-Sensor-Diagnosesignal gebildet.

[0010] Gemäss einer weiteren Ausführungsform der Erfindung erfolgt die Bildung eines NOX-Diagnose-Signals unter Heranziehung sowohl des Lambdasignals und als auch des NOX-Signals.

[0011] Der NOX-Sensor weist in einer bevorzugten Form der Erfindung zwei zur Messung der NOX-Konzentrationen im Abgas zusammenwirkende Diffusionskammern auf, wobei die erste Diffusionskammer eine Sauerstoff-Messpumpzelleneinrichtung zur Regelung des Sauerstoffpartialdrucks in der ersten Diffusionskammer und die zweite Diffusionskammer eine NOX-Messpumpzelleneinrichtung aufweist, welche ein die NOX-Konzentration im Abgas charakterisierendes NOX-Signal zur Verfügung stellt. Beide Messpumpzellen arbeiten vorzugsweise nach dem Nernst-Prinzip. Erfindungsgemäss wird mittels der Sauerstoff-Messpumpzelleneinrichtung ein den Lambda-Wert des Abgases charakterisierendes Lambdasignal ermittelt. Die ermittelten Werte des Lambdasignals werden mit bei vorgegebenen Betriebsparametern plausiblen Lambda-Werten des Abgases verglichen und in Abhängigkeit von dem Vergleichsergebnis ein NOX-Sensor-Diagnosesignal gebildet.

[0012] Die Genauigkeit und Differenziertheit der Diagnose wird weiter erhöht, wenn ein auf einen konstanten Wert geregeltes Regelsignal, gegebenenfalls vorzugsweise der ersten Diffusionskammer, ermittelt, der ermittelte Wert mit bei vorgegebenen Betriebsparametern plausiblen Werte verglichen und ein weiteres entsprechendes NOX-Sensor-Diagnosesignal gebildet wird.

[0013] Eine Erhöhung von Genauigkeit und Differenziertheit der Diagnose wird auch dann erreicht, wenn bei einem NOX-Sensor mit einer Heizungseinrichtung und einer dieser zugeordneten Temperatur-Messeinrichtung, die Werte eines Temperatursignals der Temperatur-Messeinrichtung mit bei vorgegebenen Betriebsparametern plausiblen Werten der NOX-Sensor-Temperatur verglichen und in Abhängigkeit von dem Vergleichsergebnis ein Temperatursignal-Diagnosesignal gebildet werden.

[0014] Einen Fehler im Bereich der Heizungseinrichtung und/oder der Temperatur-Messeinrichtung kann man insbesondere dann auf eine einfache Weise detektieren, wenn die Heizungseinrichtung eine Regelung aufweist und wenn überwacht wird, ob nach einer vorgegebenen Regelungszeit die Werte des Temperatursignals einer unterhalb einer vorgegebenen Betriebstemperatur des NOX-Sensors liegenden Temperatur entsprechen.

[0015] Bei einer besonders einfachen Ausführungsform der Erfindung arbeitet die Temperatur-Messeinrichtung auf der Basis der Ermittlung eines Innenwiderstandes des NOX-Sensors.

[0016] Eine besonders umfassende Diagnose wird erreicht, wenn der Vergleich der Werte des Lambda-, NOX-, Pumpzellen- oder Temperatursignals bei nicht beheiztem und bei beheiztem NOX-Sensor erfolgt.

[0017] Wenn bei dem Vergleich der Werte des Lambda-, NOX-, Regel- oder Temperatursignals eine Überwachung daraufhin erfolgt, ob vorgegebene Maximum-, Minimum- oder Toleranzbandwerte eingehalten werden, kann besonders einfach ein Kurzschluss zum Potential der Spannungsversorgung bzw. zur Masse bzw. eine Leitungsunterbrechung detektiert werden.

[0018] Bei einer weiteren Ausführungsform der Erfindung wird für vorgegebene Werte von Betriebsparametern für ein vorgegebenes Zeitintervall die Bildung eines Diagnosesignals ausgesetzt. Damit ist es möglich, falsche Fehlermeldungen zu vermeiden. Ferner ist zur Vermeidung von falschen Fehlermeldungen bei einer weiteren Ausführungsform der Erfindung vorgesehen, bestimmten Bedingungen vorausgesetzt, gesetzte Fehlersignale zu heilen. Vorzugsweise wird diese Heilung an das Vorliegen von vorgegebenen Betriebsparametern des Verbrennungsmotors geknüpft.

[0019] Die Effizienz von Wartungs- und Reparaturmaßnahmen wird erhöht, wenn gemäß einer weiteren Ausführungsform der Erfindung NOX-Sensor-Diagnosesignale, die ermittelten Fehlern entsprechen, vorzugsweise zusammen mit den Werten der betreffenden Betriebsparameter gespeichert werden.

[0020] Eine erhöhte Sicherheit gegenüber Fehlalarmen wird erreicht, wenn nur bei nicht geheilten Fehlersignalen eine Signallampe angesteuert wird.

[0021] Die erfindungsgemäße Vorrichtung zur Eigendiagnose eines in der Abgasanlage eines Verbrennungsmotors angeordneten NOX-Sensors dient der Ausführung des erfindungsgemäßen Verfahrens und ermöglicht eine genauere und sichere Kontrolle der NOX-Emissionen eines Verbrennungsmotors.

[0022] Bei einer bevorzugten Ausführungsform der Vorrichtung weist die Abgasanlage einen NOX-Speicherkatalysator und optional stromaufwärts dieses NOX-Speicherkatalysators einen Vorkatalysator auf. NOX-Sensoren können

stromabwärts und/oder stromaufwärts des NOX-Speicherkatalysators angeordnet sein. Eine derartige Vorrichtung verbessert den umweltfreundlichen und sicheren Betrieb eines Verbrennungsmotors.

[0023] Weitere Merkmale und Vorteile der vorliegenden Erfindung ergeben sich aus den abhängigen Ansprüchen sowie unabhängig von ihrer Zusammenfassung in den Ansprüchen aus der nachfolgenden Beschreibung bevorzugter erfindungsgemäßer Ausführungsbeispiele in Verbindung mit den zugehörigen Zeichnungen.

[0024] Die Zeichnungen zeigen in schematischer Darstellung:

[0025] Fig. 1 einen Verbrennungsmotor mit Abgasanlage,

[0026] Fig. 2 Komponenten eines Motorsteuergerätes,

[0027] Fig. 3 einen Doppelkammer-NOX-Sensor,

[0028] Fig. 4 typische Messsignalverläufe eines NOX-Sensors,

[0029] Fig. 5 Überwachungsbereiche eines NOX-Signals,

[0030] Fig. 6 Überwachungsbereiche eines Breitband-Lambdasignals,

[0031] Fig. 7 Überwachungsbereiche eines Lambda-Sprungsignals,

[0032] Fig. 8 Überwachungsbereiche eines Pumpzellensignals,

[0033] Fig. 9 Überwachungsbereiche eines Temperatursignals.

[0034] Dem in Fig. 1 schematisch dargestellten Verbrennungsmotor 10 eines Kraftfahrzeuges ist eine Abgasanlage 20 nachgeschaltet, die einen Vorkatalysator 21, vorzugsweise ein konventioneller 3-Wege-Katalysator, und einen NOX-Speicherkatalysator 22 aufweist. Zur Steuerung bzw. Regelung des Verbrennungsmotors 10 ist ein Motorsteuergerät 30 vorgesehen, welches u. a. eine Diagnoseeinrichtung 40 für die Eigendiagnose eines stromabwärts des NOX-Speicherkatalysator 22 angeordneten NOX-Sensors 23 beinhaltet. Weitere NOX-Sensoren können stromaufwärts des NOX-Speicherkatalysators 22 angeordnet sein. Die Abgasanlage 20 weist ferner eine vorzugsweise lineare Lambda-Sonde 25 zur Erfassung des Lambda-Wertes des Abgases stromaufwärts des Vorkatalysators 21 sowie einen Temperatursensor 24 zur Messung der Abgastemperatur stromabwärts des Vorkatalysators 21 auf. An die Abgasanlage 20 ist ein Abgasrückführungssystem 27 angeschlossen.

[0035] Bei dem NOX-Sensor 23 handelt sich um einen im folgenden noch genauer dargestellten beheizbaren Doppelkammer-NOX-Sensor, dessen Ausgangssignale einem NOX-Sensor-Controller 26 zugeführt werden, welcher UO2, UVP, UNOX, UVS, URI Signale abgibt, die über zugeordnete Signaleingänge 31 dem Motorsteuergerät 30 zugeführt werden. Am NOX-Sensor-Controller 26 liegt eine Versorgungsspannung UBatt an. Das Massepotential ist mit UO bezeichnet. Vorzugsweise ist der NOX-Sensor-Controller 26 in räumlicher Nähe zum NOX-Sensor 23 angeordnet, damit nur kurze Signalleitungswege zwischen beiden erforderlich sind. Die vom NOX-Sensor-Controller 26 ausgegebenen Signale werden über Leitungen bzw. einen Kabelbaum in die Messsignaleingänge 31 des Motorsteuergerätes 30 gespeist. Von den Messsignaleingängen 31 werden die erwähnten Signale der Diagnoseeinrichtung 40 zugeführt. Das Motorsteuergerät 30 weist als weitere Komponenten eine NOX-Sensor-Signalaufbereitungseinrichtung 50, eine NOX-Speicherkatalysator Diagnoseeinrichtung 60 und eine NOX-Speicherkatalysator-Regelungseinrichtung 70 auf. Vorzugsweise wird ein temperatureregelter NOX-Sensor 23 verwendet, dessen Regelung durch eine NOX-Sensor-Heizungseinrichtung 80 erfolgt, welche über einen Anschluss 32 mit dem NOX-Sensor-Controller 26 verbunden ist.

[0036] Fig. 2 zeigt eine schematische Darstellung der Signalwege zwischen den Komponenten des Motorsteuergerätes 30. Von der NOX-Sensor-Signalaufbereitungseinrichtung 50 wird ein NOX-Massenstromsignal 52 errechnet und der NOX-Speicherkatalysator-Diagnoseeinrichtung 60 und der NOX-Speicherkatalysator-Regeleinrichtung 70 zugeführt. Ferner wird ein NOX-Konzentrationsignal 51 den beiden Einrichtungen 60 und 70 von der NOX-Sensor-Signalaufbereitungseinrichtung 50 zugeführt. Wird von der NOX-Speicherkatalysator-Diagnoseeinrichtung 60 ein Fehler detektiert, wird ein Fehlersignal 61 ausgegeben. Die NOX-Speicherkatalysator-Regeleinrichtung 70 erzeugt ein Soll-Lambdasignal 71 sowie ein NOX-Speichersignal 72, mit dem eine Regeneration des NOX-Speicherkatalysators 22 angefordert werden kann.

[0037] Betriebsparameter des Verbrennungsmotors 10 wie Abgastemperatur, Last, Drehzahl, Rohemissionsverlauf oder dergleichen werden von dem Motorsteuergerät 30 in an sich bekannter Weise als Signal des NOX-Sensors 23, des Temperatur-Sensors 24, der Lambda-Sonde 25 sowie weiterer (nicht dargestellter) Sensoren erfaßt. Über Stellglieder, wie beispielsweise eine Drosselklappe 12 in der Luftzuführung 11 des Verbrennungsmotors 10 oder das Abgasrückführsystem 27, werden Betriebsparameter des Verbrennungsmotors 10 vom Motorsteuergerät 30 beeinflusst. Die Kommunikation zwischen dem Motorsteuergerät 30 und dem Verbrennungsmotor 10 bzw. den Stellgliedern erfolgt über ein Kabel- oder Bussystem 33.

[0038] Der in Fig. 3 dargestellte NOX-Sensor zur Messung der NOX-Konzentration im Abgas ist als Doppelkammersensor mit einer ersten und zweiten Diffusionskammer 232, 236 ausgebildet. Über eine Diffusionsbarriere 233 kann ein Teil des Abgases mit NOX-, O₂- und weiteren Komponenten die erste Diffusionskammer 232 erreichen. Die Diffusionskammer 232 weist eine nach dem Nernst-Prinzip arbeitende Sauerstoff-Messpumpzelle 231 mit Pumpelektroden P1 auf. Mittels letzterer kann der Sauerstoffgehalt in der Diffusionskammer 232 verändert werden. Über eine weitere Diffusionsbarriere 235 gelangt Abgas in die zweite Diffusionskammer 236. Diese weist eine ebenfalls nach dem Nernst-Prinzip arbeitende NOX-Messpumpzelle 237 mit Pumpelektroden P2 auf. Die im Abgas enthaltenen Stickoxyde werden durch ein spezielles Material der inneren P2 Elektroden katalytisch in die Komponenten N₂ und O₂ zerlegt. Zur Kalibrierung des Systems wird, wie an sich bereits bekannt ist, eine O₂-Referenzzelle 234 mit Elektroden P3 verwendet.

[0039] Die Arbeitsweise des NOX-Sensors 23 ermöglicht es, dem Lambdawert des Abgases zugeordnete Lambdasignale zu ermitteln. An die Sauerstoff-Messpumpzelle 231 wird eine Pumpspannung UVS angelegt. Der Strom ICP wird so geregelt, dass ein konstanter, vorzugsweise stöchiometrischer Wert der Sauerstoff-Konzentration in der ersten Diffusionskammer 232 resultiert. Aus dem Pumpstrom IP1 wird ein Breitband-Lambdawert UO₂ berechnet. Die Spannung UVP entspricht einem Lambdasprungsignal. Über den Pumpzellenstrom IP2 der Diffusionskammer 237 kann ein der NOX-Konzentration im Abgas entsprechendes Spannungssignal UNOX ermittelt werden.

[0040] Um die für eine NOX-Messung erforderliche Mindesttemperatur zu gewährleisten, weist der NOX-Sensor 23 Heizelemente 238 auf, denen eine Heizspannung UH von der Heizungseinrichtung 80 zugeführt werden kann. Eine zugeordnete Temperatur-Messeinrichtung gibt ein Temperatursignal ab, aus dem die NOX-Sensor-Temperatur ermittelbar ist. Vorzugsweise erfolgt die Temperaturmessung in an sich bekannter Weise durch die Ermittlung eines NOX-Sensor-Innenwiderstandes RI. Als Temperatur-Messeinrichtung

fungieren in diesem Fall der NOX-Sensor 23 selbst und der NOX-Controller 26, der aus einer Innenwiderstandsmessung ein den Innenwiderstand RI repräsentierendes Spannungssignal URI berechnet.

[0041] Das erfindungsgemäße Verfahren geht von der Idee aus, von dem NOX-Sensor 23 gelieferte, dem Lambda-Wert und/oder der NOX-Konzentration des Abgases zugeordnete Informationen für die Eigendiagnose zu verwenden. Dazu werden die betreffen vom NOX-Sensor gelieferten Signale mit plausiblen Werten verglichen. Die Diagnoseeinrichtung 40 weist dazu Vergleichsmittel zum Vergleich der Werte der Signale mit vorgegebenen Prüfmustern und zur Bildung eines Vergleichsergebnisses sowie Auswertungsmittel zur Bildung und Ausgabe eines entsprechenden NOX-Sensor-Diagnosesignals auf. Die Diagnoseeinrichtung 40 besteht vorzugsweise aus einem Mikrocontroller mit einer CPU, einem Programmspeicher, einem Datenspeicher sowie Eingabe- und Ausgabeschchnittstellen. Bei Auftreten eines Fehlers wird ein Fehlersignal 41 abgegeben. Wird dagegen kein Fehler detektiert, wird von der Diagnoseeinrichtung 40 vorzugsweise ein Gültigkeitssignal 42 abgegeben, welches der NOX-Speicherkatalysator-Diagnoseeinrichtung 60 und der NOX-Speicherkatalysator-Regeleinrichtung 70 zugeführt wird.

[0042] Im folgenden wird das Verfahren zunächst für den Fall genauer erläutert, dass die Eigendiagnose auf der Auswertung von Lambdawertsignalen beruht. Die beispielsweise in einem ROM als Kennfeld abgelegten Prüfmuster repräsentieren plausible Werte von Lambdasignalen und werden abhängig von den Betriebsparametern des Verbrennungsmotors gewählt. Vorzugsweise errechnet der NOX-Controller 26 ein Breitband-Lambdasignal UO₂ und/oder ein Lambda-Sprungsignal UVP, welche mit entsprechenden plausiblen Werten verglichen werden. Es versteht sich, dass zur Ermittlung der plausiblen Werte auch die von dem stromabwärts des Vorkatalysator angeordneten Lambda-Sensor 24 gelieferten Signale sowie Signale weiterer Sensoren herangezogen werden können.

[0043] Bei den Prüfmustern wird berücksichtigt, dass einerseits Fehler auftreten können, die durch Alterung oder Vergiftung des NOX-Sensors 23 entstehen. Beispiele hierfür sind Fehler in einer der Pumpzellen 231, 237 oder die Korrosion der Sensorelektroden P1, P2, P3. Andererseits können Fehler auftreten, die durch Kurzschlüsse, beispielsweise zur Batteriespannung UBatt, zur Masse UO oder durch Leitungunterbrechung bei der Zuführung der Signale vom NOX-Sensor-Controller 26 zu den Signaleingängen 31 des Motorsteuergerätes 30 verursacht werden. In beiden Fällen führen die Fehler zu nicht plausiblen Werten der erwähnten Signale bei vorgegebenen Betriebsparametern des Verbrennungsmotors 10.

[0044] Ferner ist es zweckmäßig, verschiedene Betriebspunkte des Verbrennungsmotors 10, wie Schichtbetrieb, Homogenbetrieb, Homogenmagerbetrieb, Vollastbetrieb, Schubbetrieb und/oder NOX-Katalysator-Regeneration des Verbrennungsmotors zu berücksichtigen, da verschiedenen Betriebspunkten des Verbrennungsmotors 10 jeweils unterschiedliche Lambda-Werte des Abgases entsprechen. Im folgenden soll dies an einem Beispiel verdeutlicht werden.

[0045] Im Schubbetrieb, beispielsweise bei einem Fahrzeug auf einer Gefällstrecke, wird die Kraftstoffeinspritzung des Verbrennungsmotors 10 abgeschaltet. Die vom Verbrennungsmotor 10 angesaugte Luft wird dabei über Auslassventile in die Abgasanlage 20 geleitet, ohne dass dabei nennenswerte Änderungen der Sauerstoffkonzentration erfolgen. Das Lambdasignal des NOX-Sensors 23 wird nun mit dem Signal der Lambda-Sonde 25 verglichen. Diese würde eine maximale Sauerstoffkonzentration anzeigen. Würde

der NOX-Sensor dagegen für ein vorgegebenes Zeitintervall ein Lambdasignal abgeben, welches Abgas mit niedrigerer Sauerstoffkonzentration entspricht, wäre dies ein nicht plausibler Wert relativ zu dem Signal der Lambda-Sonde 25. Es wird daher, wenn der Verbrennungsmotor im Schubetrieb ist, ein diesem zugeordneter plausibler Lambda-Wert zum Vergleich herangezogen. Hierbei wird auch die Signaldynamik berücksichtigt. Beispielsweise wird, um zu berücksichtigen, dass die Abgasanlage eine endliche Gaslaufzeit besitzt, daher der dem Schubetrieb zugeordnete Lambda-Wert mit einer Verzögerungszeit an einem stromabwärts des NOX-Katalysator angeordneten NOX-Sensor beobachtbar ist, wird für eine entsprechende Zeit die Ausgabe eines NOX-Sensor-Diagnosesignals ausgesetzt.

[0046] Zusätzlich beziehungsweise alternativ zu einer auf der Überwachung des Lambdasignals basierenden Diagnose kann das Signal UNOX, sowie können ergänzend die Signale UVS und URI des NOX-Sensors überwacht werden. Dabei wird im Prinzip genauso vorgegangen, wie es für den Fall des Lambdasignals dargestellt wurde. Aus den Diagnosesignalen, die den einzelnen Signalen UO2, UVP, NOX, UVS und URI zugeordnet sind, kann dann durch Kombination ein Gesamt-NOX-Sensor-Diagnosesignal gebildet werden.

[0047] Ein besonders wichtiger Betriebsparameter ist die Temperatur des NOX-Sensors. Für die Messung der NOX-Konzentration des Abgases muss der Sensor eine Mindesttemperatur aufweisen. Fig. 4 zeigt eine Prinzipdarstellung des zeitlichen Verlaufs der Signale UO2, UVP, UNOX, UVS und URI vor und nach einer Beheizung des Sensors. Vor dem Erreichen der Mindesttemperatur befinden sich die Werte der Signale i.w. auf einem konstanten Niveau. In Fig. 4 bezeichnet RI den temperaturabhängigen Innenwiderstand eines NOX-Sensors mit negativer Temperaturcharakteristik. Ab einem Zeitwert von etwa 200 zeigt RI einen steilen Abfall. Von diesem Zeitpunkt an, der einem auf Betriebstemperatur beheizten NOX-Sensor 23 entspricht, weisen die erwähnten Signalwerte erhöhte Variationen gegenüber denen in dem vorherigen Zeitraum auf. Bei der Überwachung der erwähnten Signale des NOX-Sensors 23 wird vorzugsweise das unterschiedliche Verhalten der Signale vor und nach Beheizung des NOX-Sensors 23 berücksichtigt.

[0048] Im folgenden werden anhand der Fig. 5 bis 9 bevorzugte Bereiche der Spannungs-Überwachung der Signale UNOX, UO2, UVP, UVS und URI dargestellt. Es versteht sich von selbst, dass die im folgenden beschriebenen Fälle nur Beispiele darstellen, die in keiner Weise eine Beschränkung der Erfindung implizieren sollen.

[0049] Fig. 5 zeigt eine schematische Darstellung der Bereichsüberwachung des NOX-Signals UNOX. Zum Zeitpunkt TZ wird die Zündung des Verbrennungsmotors 10 eingeschaltet, danach zum Zeitpunkt TMS wird der Motor gestartet. Ab dem Zeitpunkt TH wird der NOX-Sensor 23 beheizt. Im Zeitintervall zwischen TMS und TH erfolgt eine Überwachung, ob das NOX-Signal innerhalb eines vorgegebenen Toleranzbandes B1 liegt. Die Abkürzung i.O. deutet an, dass in diesem Fall kein Fehler vorliegt. Von dem Zeitpunkt TMS an erfolgt eine Überwachung, ob das NOX-Signal kleiner als ein vorgegebener Minimalwert ist, was einem Kurzschluss nach Masse UO entspricht. Diese Überwachung findet auch über den Zeitpunkt TH hinaus statt, d. h. wenn der NOX-Sensor 23 beheizt ist. In beiden Fällen wird vorzugsweise ein Fehler nur dann erkannt, wenn die Überschreitung der vorgegebenen Grenzen der Messsignale während eines vorgegebenen Zeitintervalls erfolgt. Wenn keine Überschreitung der vorgegebenen Grenzen bis zu einem Zeitpunkt TV vorliegt, wird ein die Gültigkeit des NOX-Signal anzeigendes Diagnosesignal gebildet. Ferner kann auch

überwacht werden, ob bei beheiztem NOX-Sensor 23 das Signal größer als ein vorgegebener Schwellwert ist. Darüber hinaus ist es vorteilhaft, die Überwachung nach Kurzschluss im Bereich B2 nur vorzunehmen, wenn eine Schubabschaltung des Verbrennungsmotors 10 mindestens um eine vorgegebene Zeit zurückliegt.

[0050] Fig. 6 zeigt eine schematische Darstellung einer Bereichsüberwachung des Lambdasignals UO2. Die Bereiche B3 und B4 entsprechen den Bereichen B1 und B2 des NOX-Sensorsignals der Fig. 5. Der Bereich B5 bezeichnet einen Bereich, in dem das Lambdasignal auf Überschreiten eines Maximalwertes hin überwacht wird.

[0051] Fig. 7 zeigt eine schematische Darstellung einer Bereichsüberwachung des Lambda-Sprungsignals UVP des NOX-Sensors 23 mit den Bereichen B6, B7 und B8, die den Bereichen B3, B4 und B5 der Fig. 6 entsprechen.

[0052] Fig. 8 zeigt eine schematische Bereichsüberwachung des Pumpzellensignals UVS. Die Bereiche B9 und B10 entsprechen einer Toleranzband- und einer Minimum-Fehlerüberwachung. Der Bereich B14 berücksichtigt einen Maximumfehler, beispielsweise durch einen Kurzschluss, nach UBatt. Die weiteren Bereiche B11, B12, B13 und B15 berücksichtigen, dass die Spannung UVS der ersten Messpumpzelle 231 sich nur in einem engen Toleranzband um einen gegebenen Spannungswert bewegen darf. Herstellungsbedingt treten zwischen verschiedenen NOX-Sensoren jedoch Wertstreuungen auf, die es erforderlich machen, diesen Spannungswert, zum Beispiel nach Austausch des NOX-Sensors, adaptiv neu anzulernen, wenn auf ein schmales Toleranzband hin diagnostiziert werden soll.

[0053] Fig. 9 zeigt eine schematische Darstellung der Bereichsüberwachung des den NOX-Sensor-Innenwiderstand RI repräsentierenden Signals URI. Vorausgesetzt wird hier, dass der Sensor-Innenwiderstand eine negative Temperaturcharakteristik besitzt. Im Bereich B16, nach erfolgtem Motorstart und bevor der NOX-Sensor beheizt wird, wird geprüft, ob ein einer niedrigen Temperatur entsprechendes Temperatursignal vorliegt. Wie aus Fig. 4 zu ersehen ist, ist der Istwert des Innenwiderstandes unmittelbar nach dem Start relativ hoch. In dem Fall jedoch, dass der Start nur kurz nach einem vorhergehenden Betrieb erfolgt ist, d. h. bei einem vorgewärmten Sensor, trifft dies nicht zu. Um dies zu berücksichtigen, kann zum Beispiel die Wassertemperatur eines Kühlsystems als Betriebsparameter zur Plausibilitätsprüfung herangezogen werden. Nachdem der Sensor vom Zeitpunkt TH an beheizt wird, wird in den Bereichen B17 geprüft, ob die Sensortemperatur in einem unzulässigen Werte-Band liegt. Dieser Bereich weist nach einer vorgegebenen Regelungszeit auf einen Fehler in der Temperaturregelung hin. Diesem Fall entspricht es, wenn die Heizungsregelung einen PI-Regler aufweist, der für eine vorgegebene Zeit am Anschlag ist. Ursache hierfür kann beispielsweise ein Kurzschluss der Heizspannung zur Masse oder nach UBatt, eine Leitungsunterbrechung oder ein defektes Heizelement sein. Um den Fall eines ausgekühlten Motors zu berücksichtigen, ist es in diesem Fall vorteilhaft, einen durch einen Außentemperatursensor gemessenen Außentemperaturwert zu heran zu ziehen und die Regelungszeit entsprechend zu verlängern. Ferner kann im gesamten Bereich der Spannung U, einschließlich des Toleranzbandes i.O. überwacht werden, ob eine zeitliche konstante Abweichung von einem Soll-Wert länger als eine gegebene Regelungszeit auftritt. Dies entspricht ebenfalls einem Fehler in der Temperaturregelung. Der Bereich B18 beschreibt einen Fall, in dem der NOX-Sensor nicht beheizt wird, so daß der Widerstandswert einen Maximalwert überschreitet oder ein Kurzschluss nach der Versorgungsspannung vorliegt. Der Bereich B19 charakterisiert eine Unterschreitung eines vorge-

gebenen Minimalwerts des Sensor-Widerstandswerts, eine Leitungsunterbrechung oder einen Kurzschluss nach Masse der des.

[0054] In Abhängigkeit von dem Wert des Diagnosesignals kann eine Heilung gesetzter Fehlersignale vorgenommen werden. Vorzugsweise wird hierbei auf das Auftreten bzw. Nicht-Auftreten von Fehlern während eines vorgegebenen Zeitintervalls abgestellt. Weiterhin können für die Heilung Bedingungen gesetzt werden, wie beispielsweise, dass der NOX-Sensor 23 beheizt ist, die Abgastemperatur sich innerhalb definierter Grenzen befindet oder die Heizungsregelung 80 kein Fehlersignal 81 abgibt. Ferner kann die Bedingung gesetzt sein, dass der Wert des NOX-Sensor-Innenwiderstandes RI sich innerhalb eines Soll-Bandes befindet. Es kann dann vorgesehen sein, dass lediglich bei nicht geheilten Fehlersignalen eine Signallampe angesteuert wird.

[0055] Wenn ein Fehlersignal 41 gesetzt wird, kann dieses gespeichert werden, vorzugsweise zusammen mit den entsprechenden Betriebsparametern, um eine anschließende Fehlerdiagnose zu erleichtern. Diese Speicherung kann auch bei geheilten Fehlersignalen vorgenommen werden, um für Wartungs- und Reparaturarbeiten Informationen über sporadische Fehler zur Verfügung zu haben.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Eigendiagnose eines vorzugsweise in einer Abgasanlage eines Verbrennungsmotors angeordneten NOX-Sensors, welcher zur Messung der NOX-Konzentration eines Abgases eine Regeleinrichtung zur Regelung eines Sauerstoffpartialdrucks und eine ein die NOX-Konzentration im Abgas charakterisierendes NOX-Signal zur Verfügung stellende NOX-Messeinrichtung aufweist, **dadurch gekennzeichnet**, dass ein den Lambda-Wert des Abgases charakterisierendes Lambdasignal, vorzugsweise ein Breitband-Lambda- oder ein Lambda-Sprungsignal, ermittelt wird, ermittelte Werte des Lambdasignals mit bei vorgegebenen Betriebsparametern plausiblen Lambda-Werten des Abgases verglichen und in Abhängigkeit von dem Vergleichsergebnis ein NOX-Sensor-Diagnosesignal gebildet wird.
2. Verfahren zur Eigendiagnose eines vorzugsweise in einer Abgasanlage eines Verbrennungsmotors angeordneten NOX-Sensors, welcher zur Messung der NOX-Konzentration eines Abgases eine Regeleinrichtung zur Regelung eines Sauerstoffpartialdrucks und eine ein die NOX-Konzentration im Abgas charakterisierendes NOX-Signal zur Verfügung stellende NOX-Messeinrichtung aufweist, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Werte des NOX-Signals mit bei vorgegebenen Betriebsparametern plausiblen Werten der NOX-Konzentration verglichen werden und in Abhängigkeit von dem Vergleichsergebnis ein NOX-Sensor-Diagnosesignal gebildet wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Werte des NOX-Signals mit bei vorgegebenen Betriebsparametern plausiblen Werten der NOX-Konzentration verglichen werden und in Abhängigkeit von dem Vergleichsergebnis ein weiteres NOX-Sensor-Diagnosesignal gebildet wird.
4. Verfahren nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Regeleinrichtung zur Regelung des Sauerstoffpartialdrucks als nach dem Nernst-Prinzip arbeitende Sauerstoff-Messpumpzellen-Einrichtung ausgebildet ist.
5. Verfahren nach zumindest einem der vorhergehenden

den Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die NOX-Messeinrichtung als nach dem Nernst-Prinzip arbeitende NOX-Messpumpzellen-Einrichtung ausgebildet ist.

6. Verfahren nach zumindest einem der Ansprüche 4 oder 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass der NOX-Sensor eine erste Diffusionskammer und gegebenenfalls eine zweite Diffusionskammer aufweist, der jeweils eine der Messpumpzellen-Einrichtungen zugeordnet sind.

7. Verfahren nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die ermittelten Werte des Regelsignals mit bei vorgegebenen Betriebsparametern plausiblen Werten des Regelsignals verglichen werden und in Abhängigkeit von dem Vergleichsergebnis ein weiteres NOX-Sensor-Diagnosesignal gebildet wird.

8. Verfahren nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der NOX-Sensor eine Heizungseinrichtung mit einer zugeordneten Temperatur-Messeinrichtung aufweist, um den NOX-Sensor bei einer vorgegebenen Temperatur zu betreiben, wobei die Temperatur-Messeinrichtung ein Temperatursignal abgibt, aus dem die NOX-Sensor-Temperatur ermittelbar ist, und wobei die Werte des Temperatursignals mit bei vorgegebenen Betriebsparametern plausiblen Werten der NOX-Sensor-Temperatur verglichen und in Abhängigkeit von dem Vergleichsergebnis ein Temperatur-Diagnosesignal gebildet wird.

9. Verfahren nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Heizungseinrichtung eine Temperaturregelung aufweist und dass, wenn nach einer vorgegebenen Regelungszeit der Wert des Temperatursignals einer unterhalb einer vorgegebenen Betriebstemperatur des NOX-Sensor liegenden Temperatur entspricht, ein Fehler charakterisierendes Temperatur-Diagnosesignal gebildet wird.

10. Verfahren nach Anspruch 8 oder 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Temperatur-Messeinrichtung auf der Basis der Ermittlung eines Innenwiderstandes des NOX-Sensors arbeitet.

11. Verfahren nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Werte des Lambdasignals, des NOX-Signals, des Regelsignals oder des Temperatursignals bei beheiztem, und nicht beheiztem NOX-Sensor ermittelt werden.

12. Verfahren nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass zur Erkennung von Leitungsfehlern bei dem Vergleich der Werte des Lambdasignals, des NOX-Signals, des Regelsignals oder des Temperatursignals mit den jeweiligen plausiblen Werten eine Überprüfung daraufhin erfolgt, ob vorgegebene Maximum-, Minimum- oder Toleranzbandwerte eingehalten werden.

13. Verfahren nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass für vorgegebene Werte von Betriebsparametern für ein vorgegebenes Zeitintervall die Bildung eines NOX-Sensor-Diagnosesignals und/oder eines Temperatur-Diagnosesignals ausgesetzt wird.

14. Verfahren nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass in Abhängigkeit von den Werten gegebenenfalls gebildeter Diagnosesignale ein NOX-Sensor-Gesamtdiagnosesignal gebildet wird.

15. Vorrichtung zur Eigendiagnose eines vorzugsweise in einer Abgasanlage eines Verbrennungsmotors angeordneten NOX-Sensors, welcher zur Messung der

NOX-Konzentration eines Abgases eine Regeleinrichtung zur Regelung eines Sauerstoffpartialdrucks und eine ein die NOX-Konzentration im Abgas charakterisierendes NOX-Signal zur Verfügung stellende NOX-Messeinrichtung aufweist, dadurch gekennzeichnet, dass eine Diagnoseeinrichtung vorgesehen ist mit Messmitteln zur Ermittlung eines den Lambda-Wert des Abgases charakterisierenden Lambdasignals, vorzugsweise eines Breitband-Lambda- oder ein Lambda-Sprungsignals, mit Vergleichsmitteln zum Vergleich von ermittelten Werten des Lambdasignals mit bei vorgegebenen Betriebsparametern plausiblen Lambda-Werten des Abgases und zur Bildung eines Vergleichsergebnisses sowie mit Auswertungsmitteln zur Bildung eines NOX-Sensor-Diagnosesignals.

16. Vorrichtung zur Eigendiagnose eines vorzugsweise in einer Abgasanlage eines Verbrennungsmotors angeordneten NOX-Sensors, welcher zur Messung der NOX-Konzentration eines Abgases eine Regeleinrichtung zur Regelung eines Sauerstoffpartialdrucks und eine ein die NOX-Konzentration im Abgas charakterisierendes NOX-Signal zur Verfügung stellende NOX-Messeinrichtung aufweist, dadurch gekennzeichnet, dass eine Diagnoseeinrichtung vorgesehen ist mit Vergleichsmitteln zum Vergleich von Werten des NOX-Signals mit bei vorgegebenen Betriebsparametern plausiblen Werten des NOX-Signals und zur Bildung eines Vergleichsergebnisses sowie mit Auswertungsmitteln zur Bildung eines NOX-Sensor-Diagnosesignals.

17. Vorrichtung nach zumindest einem der Ansprüche 15 oder 16, dadurch gekennzeichnet, dass gegebenenfalls die Abgasanlage einen NOX-Speicherkatalysator und optional stromaufwärts des NOX-Speicherkatalysators einen Vorkatalysator aufweist und dass ein NOX-Sensor stromabwärts und optional stromaufwärts des NOX-Speicherkatalysators angeordnet ist.

Hierzu 7 Seite(n) Zeichnungen

40

45

50

55

60

65

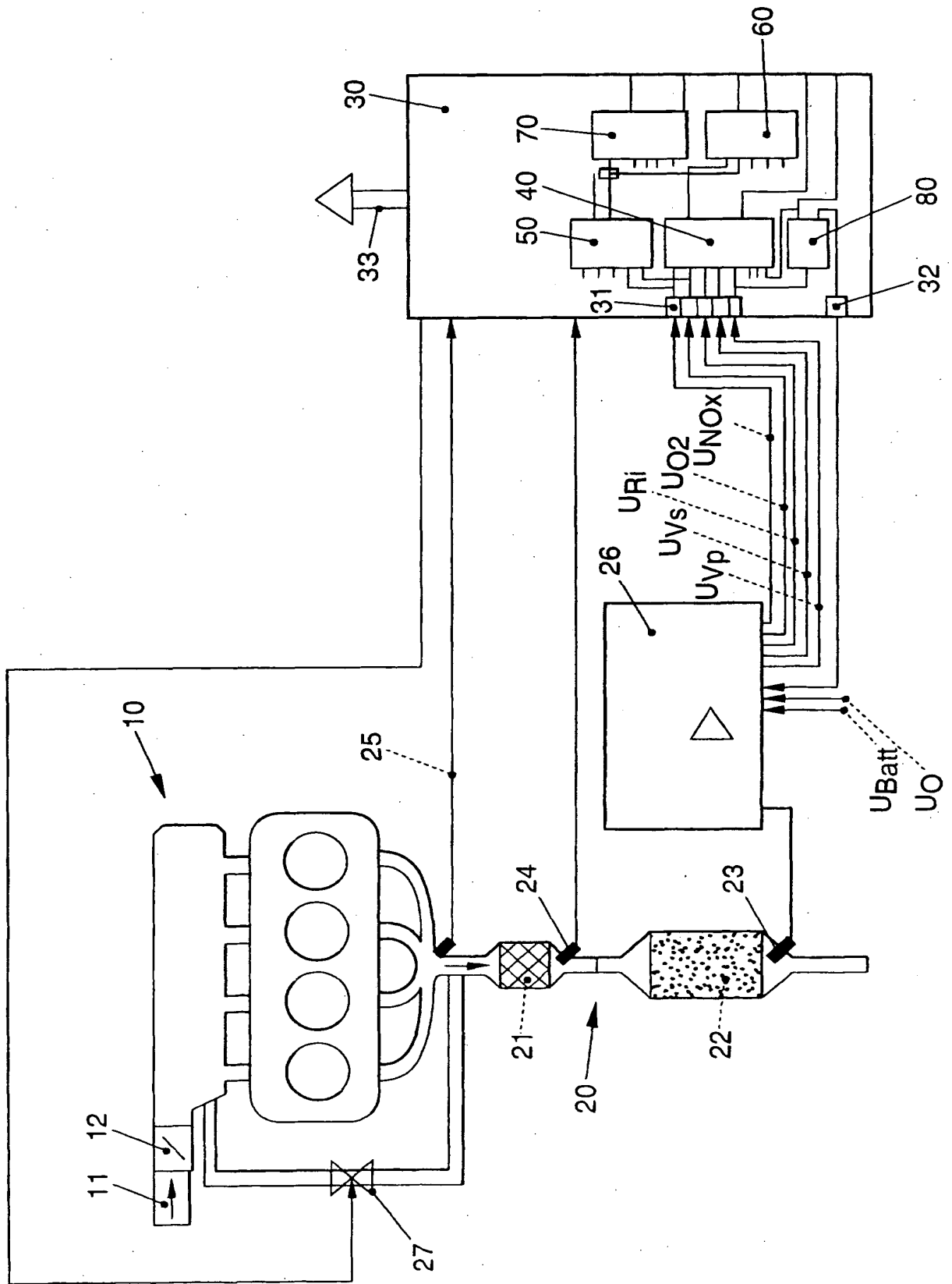


FIG. 1

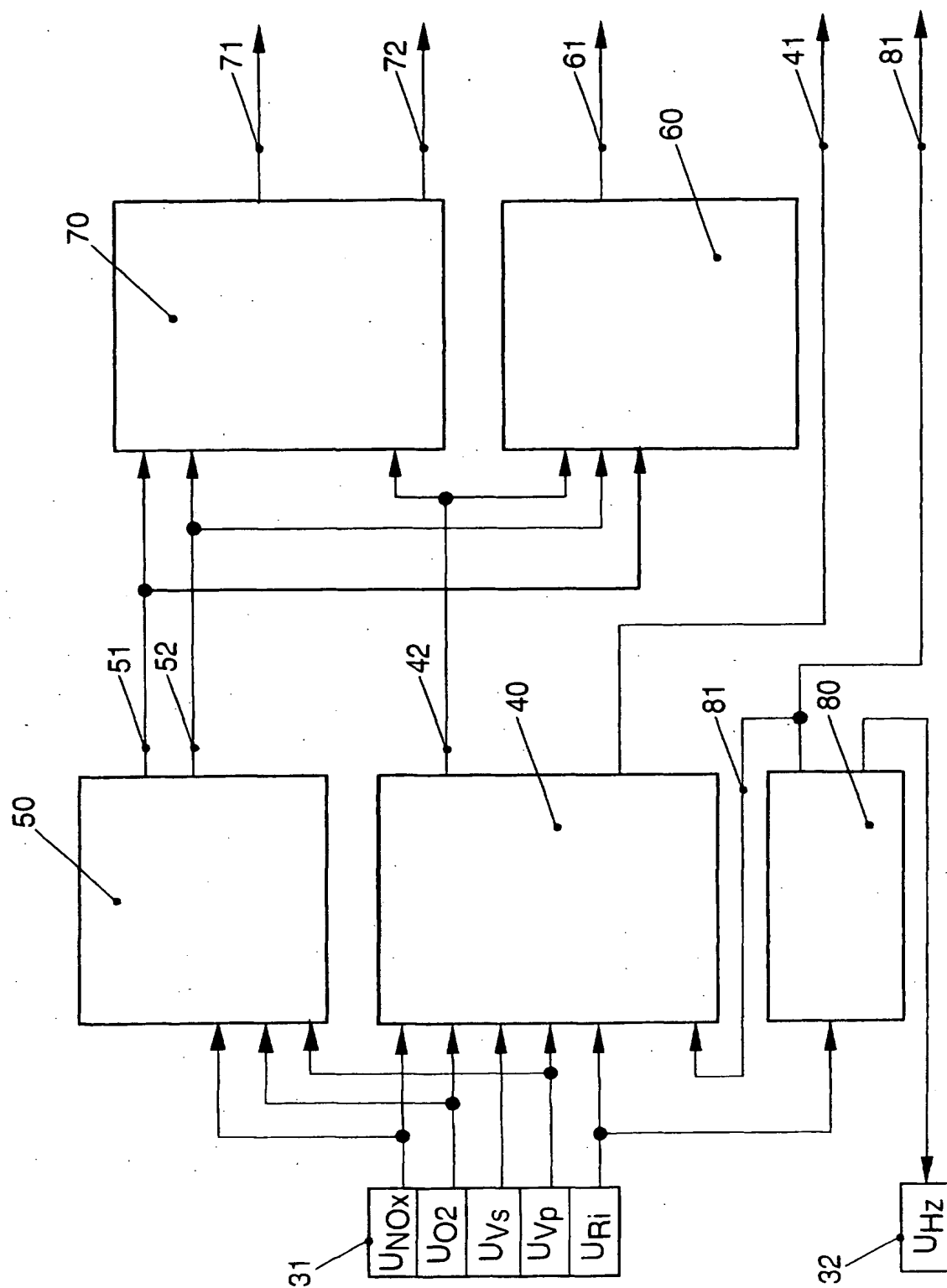


FIG. 2

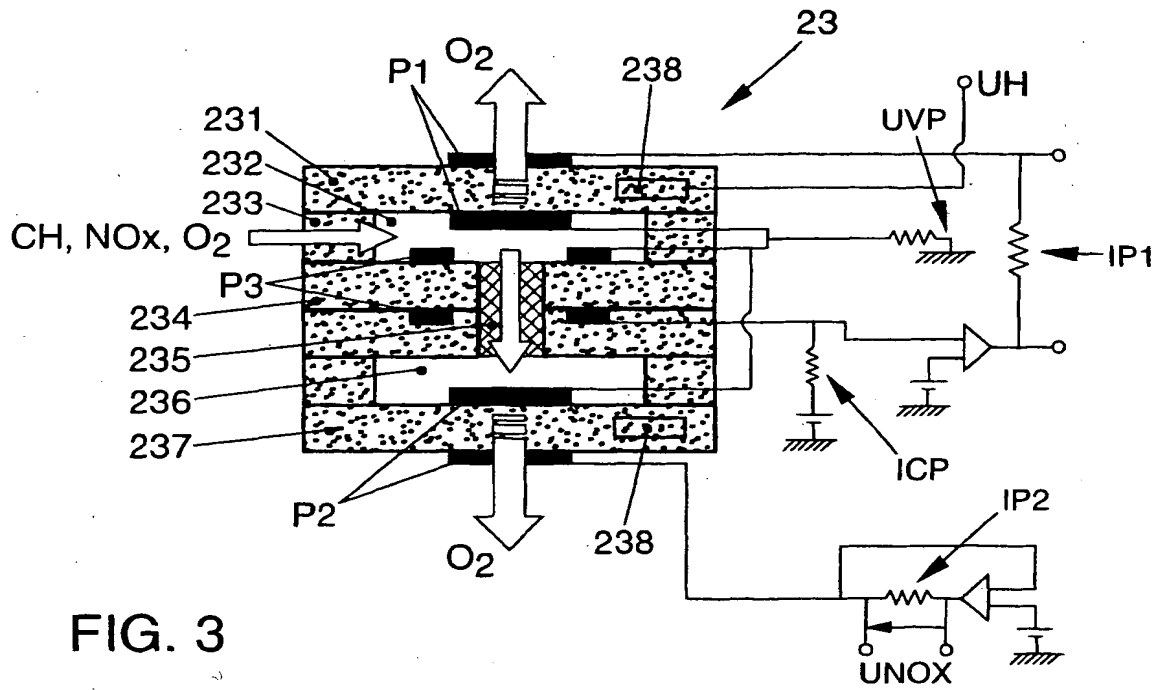


FIG. 3

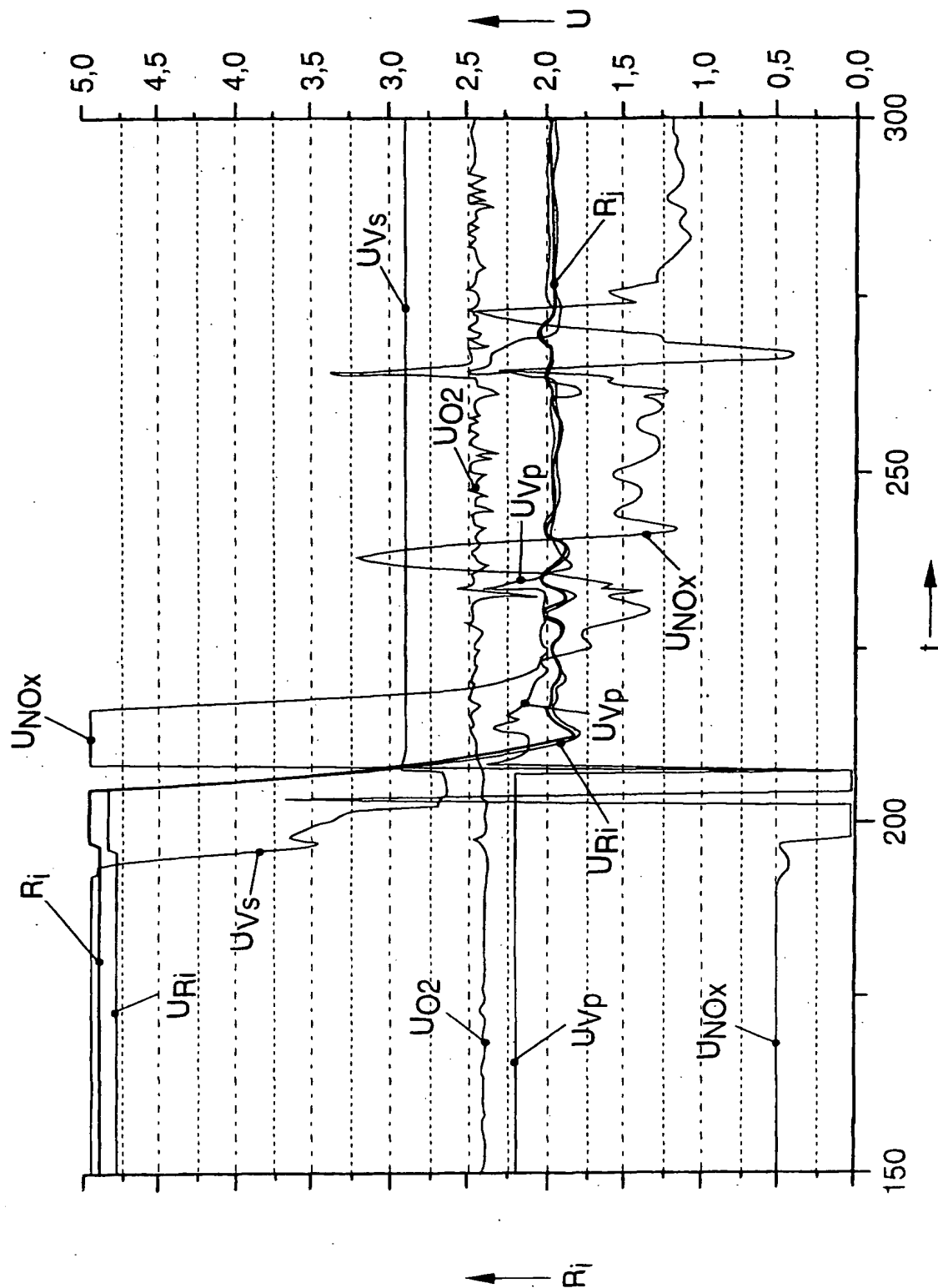


FIG. 4

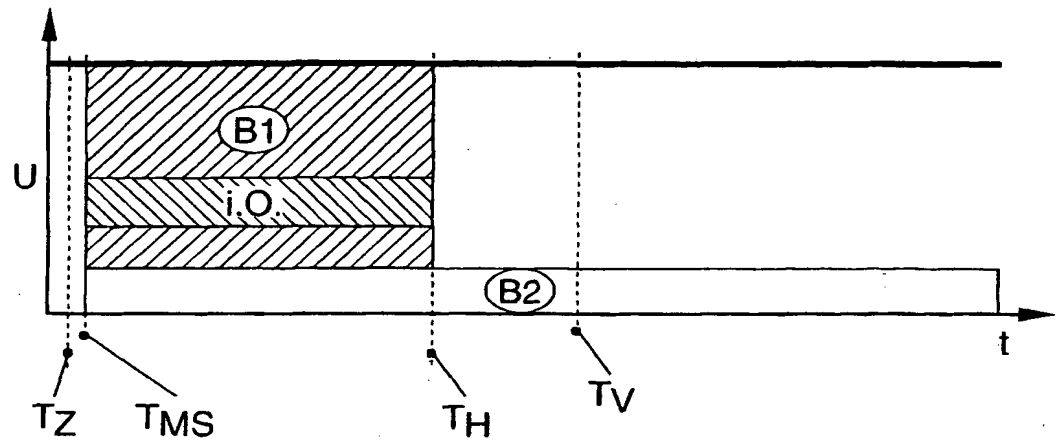


FIG. 5

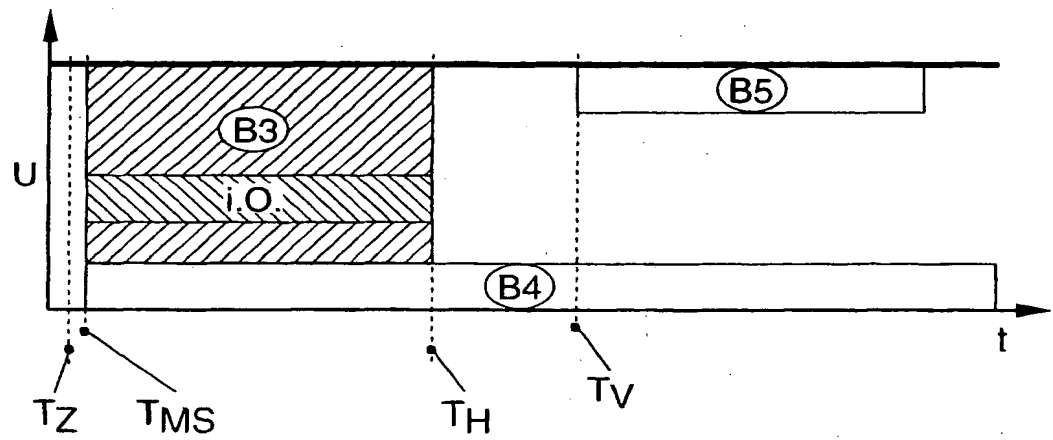


FIG. 6

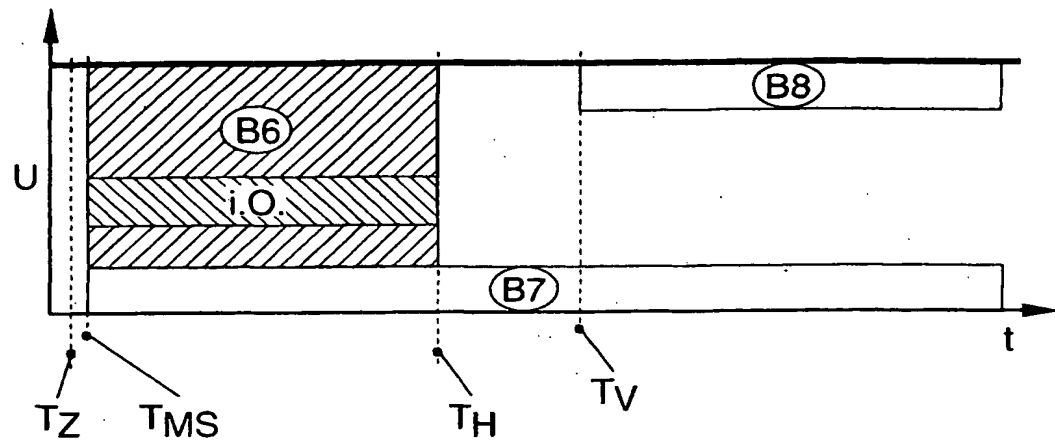


FIG. 7

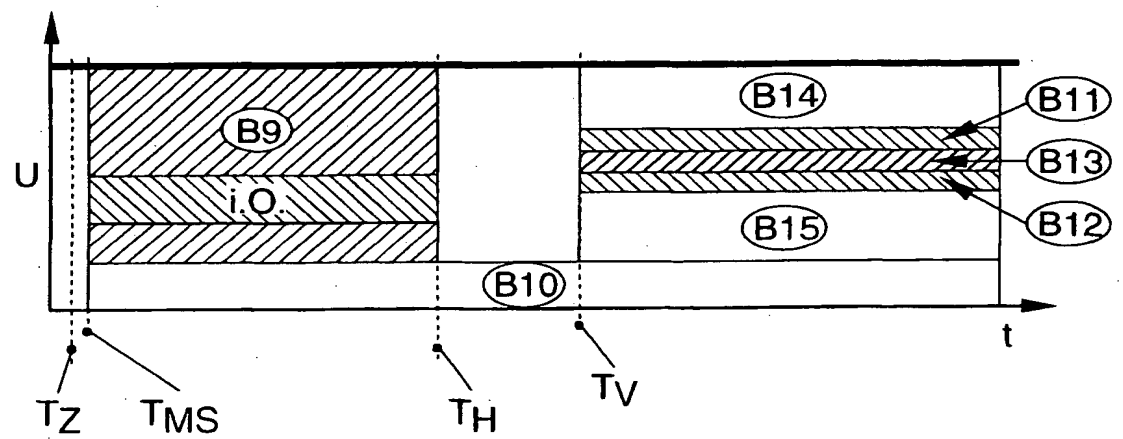


FIG. 8

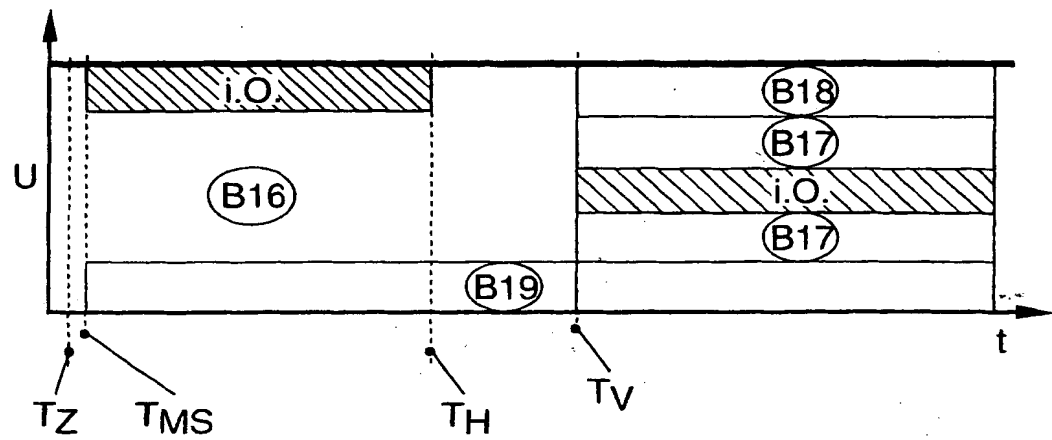


FIG. 9